



JIŘÍ SKLENÁŘ

## POVODNĚ JAKO SOUČÁST PŘÍRODNÍCH EXTRÉMŮ - POVODŇOVÝ REŽIM V POVODÍ HORNÍ SVRATKY

### Úvod - Povodně, širší souvislosti včetně bleskových povodní na přelomu 6 a 7/2009

V posledních desetiletích se podle četné odborné literatury projevuje ve světě tendence ke zvýšenému výskytu přírodních katastrof. Řada studií diskutuje souvislost s klimatickými změnami a s vlivem antropogenní činnosti. Je třeba vzít v úvahu stále složitější infrastrukturu lidské společnosti. Např. E. Bryant, ed. (2005) uvádí nárůst přírodních katastrof z cca 10 výskytů za rok na začátku 20. století na více než 450 výskytů na jeho konci. Povodně byly s 2 389 případy během minulého století za tornády druhou nejčastější přírodní katastrofou ve světě s celkovou výší škod cca 207 miliard USD (nejvíce škod vykazovala zemětřesení). Podle počtu obětí se povodně ve 20. století umístily na prvním místě - zahynulo při nich 6 851 740 lidí, z toho asi polovina zemřela při povodni v Číně v červenci 1931 (3 700 000 lidí). Podle údajů Munich Re (2005) vzrostl mezi léty 1950-1959 a 1990-1999 počet velkých katastrof způsobených povodněmi asi čtyřikrát, ekonomické ztráty více než sedmkrát.

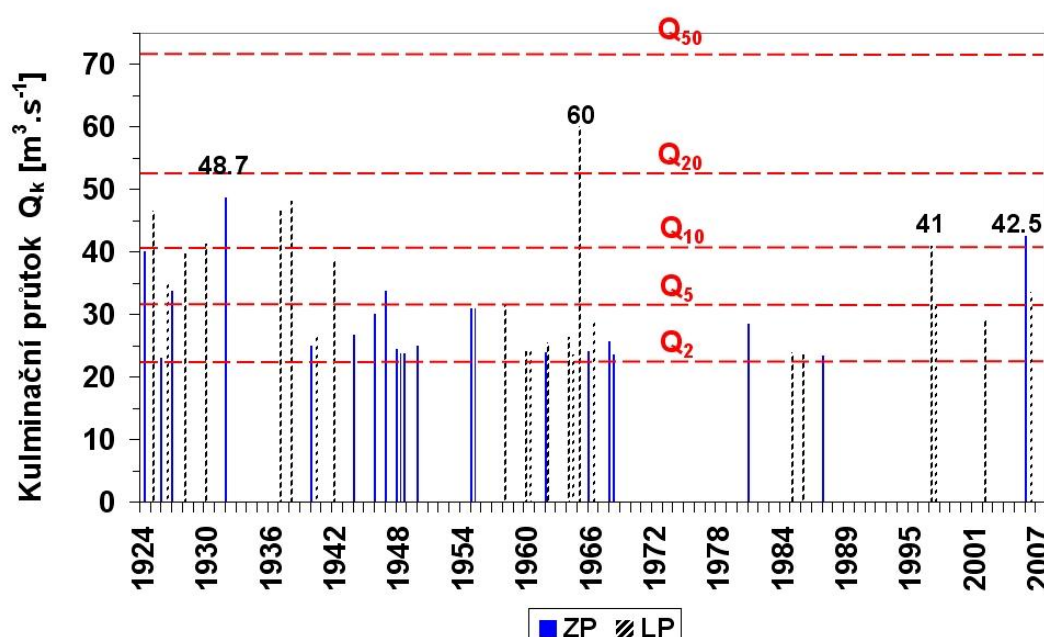
V České republice představují povodně vzhledem k její geografické poloze a přírodním podmínkám nejvýznamnější přírodní katastrofu. Podle kombinace příčin vzniku a sezónního výskytu povodní můžeme rozlišit následující hlavní typy (viz Spisy ZS, 2007, č. 17) : 1. letní typ z regionálních dešťů, 2. zimní a jarní typ z tání sněhu, 3. letní typ povodní vyvolaný krátkodobými přívalovými dešti, 4. zimní a jarní typ ledových povodní, 5. povodně ze specifických příčin. Všichni máme ještě v paměti katastrofální povodně z července 1997 a srpna 2002 (typ 1 - způsobeny déletrvajících intenzivními letními srážkami) s velkým počtem obětí a značnými materiálními škodami. Mimo tyto extrémně ničivé povodně se další významnější vyskytly v červenci 1998 v podhůří Orlických hor (typ 3 - vyvolány vydatnými přívalovými srážkami) a na jaře 2006 na velké části našeho území (typ 2 - příčinou bylo intenzivní tání sněhu provázené dešťovými srážkami). Od 24.6.2009 během cca 2 týdnů v podvečerních, večerních a nočních hodinách některé převážně horské a podhorské oblasti našeho území postihly bleskové povodně z přívalových dešťů (typ 3) (střední a severní Morava, jižní a severní Čechy). Podle celkového počtu obětí (15) a odhadovaných škod (cca 8,5 miliard, stav k 24.7.2009) se jedná o třetí nejtragičtější povodně od vzniku ČR. Příčinou extrémních srážek byla tlaková níže nad Balkánem, která zásobovala střední Evropu vlhkým a teplým vzduchem. Tvořily se intenzivní bouřky. Významnou roli sehrála vysoká nasycenost povodí předchozími srážkami, kdy k povodni může dojít i následkem méně vydatných srážek. Příkladem vysokých srážkových úhrnů bylo Novojičínsko v povodí Odry, kde došlo k „train“ efektu (výskyt více za sebou jdoucích bouřek nad danou oblastí). Intenzita srážek byla extrémní, za hodinu spadlo 40-60 mm. Během cca 3 hod spadlo ve večerních hodinách 24.6.2009 přes 120 mm srážek (nejvíce bylo naměřeno v Bělotině - až 124 mm a v Hodslavicích - 122 mm. (P. Jovanovič et al., 2009). Přívalové srážky vyvolaly bleskovou povodeň. Za intenzivního povrchového odtoku, který byl provázen silnou erozní činností, došlo ke strmému vzestupu hladin vodních toků. K nejvíce postiženým lokalitám patřil Jeseník nad Odrou (řička Luha), obce Životice, Žilina, Mořkov (řička Jičinka) a Hodslavice, Bludovice na Zrzávce (přítok Jičinky). Vodní stav v říčkách Jičinka a Luha vzrostl až o 5 m. Podle předběžných odhadů povodňová vlna kulminovala při průtoku odpovídajícímu cca 500-leté vodě (ČHMÚ a tisková zpráva MŽP z 29.6.2009). V podmínkách ČR se jedná o mimořádnou intenzitu srážek, avšak podle M. Müllera a V. Kakose (2004) se v květnu 1872 vyskytly v oblasti západně od Prahy ještě intenzivnější přívalové srážky (237 mm za pravděpodobně 90 min a 289 mm za cca 12 hodin). Následně vzniklá povodeň na Berounce a jejích přítocích spolu se vzniklými sesuvy svahů způsobila smrt asi 240 lidí. Tehdy

dosažený kulminační průtok nebyl dosud překonán, ani během povodní v srpnu 2002. V jižní Francii v povodí řeky Gardon napršelo v září 2002 celkem 680 mm za 20 hodin, vrchol povodňové vlny dosáhl 14 m nad normální vodní stav (E. Bryant, ed., 2005). Srovnáme-li uvedené intenzity srážek s intenzitou např. na ostrově Réunion v Indickém oceánu, zjistíme, že tam mohou maximální 24-hodinové úhrny srážek dosahovat až 2000 mm. V Cherrapunji v Indii byly pozorovány 10-denní úhrny přes 7000 mm, jak uvádí E. Bryant, ed. (2005). Na Novojičínsku přesáhl 24-hodinový úhrn „pouhých“ 120 mm a následky byly katastrofální. Celkem 302 případů bleskových povodní z povodí Moravy a Odry ve 20. století analyzovali R. Brázdil a K. Kirchner et al. (2007). Nejvíce případů bylo zaznamenáno v červnu (89), květnu a červenci (po 70) a srpnu (54). Další případy byly zjištěny v září (14), v dubnu (4) a v prosinci (1). V nedávné době (15.7.2002) se v povodí Svratky vyskytla blesková povodeň (cca 25 km na JV od Borovnice). V Olešnici byla zaznamenána mimořádná přívalová srážka 171,7 mm. Nejvíce bylo postiženo povodí říčky Hodonínky (67 km<sup>2</sup> - levostranný přítok Svratky). Přívalový déšť s následnou povodňovou vlnou si vyžádal 2 lidské životy. Průtok na Hodonínce před soutokem se Svratkou překročil dobu opakování 200 let (E. Soukalová, 2002).

### Analýza povodňového režimu na horní Svratce

V příspěvku je analyzován povodňový režim v horním povodí Svratky na základě výsledků analýzy kulminačních průtoků ve vodoměrné stanici Borovnice za období 1925-2007 se zřetelem na četnost výskytu povodní, jejich sezonalitu a extremitu. Z databanky ČHMÚ byly vybrány a hodnoceny povodně, které přesahovaly hodnotu dvouletého kulminačního průtoků  $Q_2$ . V příspěvku nebylo studováno, zda se jedná o bleskové povodně (v případě některých letních povodní). Hodnota kulminačního průtoků (dále  $Q_k$ ) je důležitým prvkem v režimu velkých vod, který spolu s objemem, trváním a tvarem povodňové vlny určuje velikost povodně. K dalším důležitým prvkům patří též časový výskyt povodní, počet výskytů v roce a zdroj jejich tvoření (R. Netopil et al., 1984). Pro analýzu N-letých kulminačních průtoků (dále  $Q_N$ ) zvolená vodoměrná stanice Borovnice má relativně dlouhou dobu pozorování a vzhledem ke geografické poloze stanice můžeme průtoky považovat za neovlivněné vodními nádržemi. Povodí Svratky v Borovnici má plochu  $A=127,95$  km<sup>2</sup> (ČHMÚ), tj. zaujímá 1,8 % z celkové plochy povodí Svratky. Dlouhodobý průměrný průtok v profilu činí  $Q_a=1,52$  m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, dlouhodobá průměrná výška srážek na povodí je  $P_a=764$  mm (ČHMÚ, období 1931-1980). Absolutní známé maximum v období pozorování bylo registrováno v červenci 1965, kdy povodeň kulminovala v profilu stanice při hodnotě 60 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (překročen 20-letý kulminační průtok  $Q_{20}$ , ale nedosažen 50-letý průtok  $Q_{50}$ ).

Na základě analýzy průměrného ročního chodu měsíčních průtoků ve vodoměrné stanici



Obr.1 Chronologie povodní s překročením 2-letým kulminačním průtokem  $Q_2$  v Borovnici.

Borovnice za období 1925-2007 připadá maximum na březen (15,7 % z celkového průměrného ročního odtoku), dále duben (14,8 %), od března do září odtoky klesají, v září je dosaženo minima (4,4 %), v následujících měsících se až do března projevuje rostoucí trend. Obr. 1 zobrazuje chronologii povodní přesahujících 2-letý kulminační průtok  $Q_2=22,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  s uvedením jejich N-letosti a výskytu v zimním (dále ZP : listopad-duben) a letním (dále LP : květen-říjen) hydrologickém půlroce. Celkem se vyskytlo 43 povodní, které byly pozorovány v 31 hydrologických rocích (dále HR). Během některých HR bylo pozorováno více povodní, např. v r. 1948 tři výskyty, v r. 1997 a 2006 po 2 případech. Z obrázku je patrný četnější výskyt v 1. polovině doby pozorování (cca 2/3 všech případů). Četnosti výskytu povodní v zimním (ZP) a letním (LP) hydrologickém půlroce jsou na horní Svratce vyrovnané, např. v porovnání s povodím horní Dyje, kde převažují povodně zimní (69 % případů v ZP) (J. Sklenář, 2008). Zvýšenou extremitu povodňových průtoků můžeme pozorovat v 1. polovině období pozorování. Vyskytla se jedna povodeň s  $Q_k$  přesahujícím dobu opakování 20 let, jedná se o zmíněné absolutní maximum v r. 1965. Bylo zaznamenáno celkem 7 povodní s  $Q_k$  mezi 10-letým a 20-letým kulminačním průtokem, z nichž dvě povodně se vyskytly v nedávné době (červenec 1997, březen 2006). Naproti tomu např. na horní Dyji byly zjištěny povodně s větší extremitou. V Podhradí nad Dyjí byla registrována 1 povodeň s překročeným  $Q_{50}$  a 2 povodně s překročeným  $Q_{100}$ , všechny se vyskytly v 21. století. (J. Sklenář, 2007). Tab. 1 ukazuje četnosti výskytu povodní podle N-letosti kulminačního průtoku  $Q_k$  v ZP a LP. Nejčetnější byly povodně s překročeným  $Q_2$ , ale nedosaženým  $Q_5$  (60,4 % případů). Nevyskytla se žádná povodeň s dosaženým nebo překročeným 50-letým  $Q_k$ . Tab. 2 poskytuje obraz o sezonalitě povodní v průběhu roku. Nejvyšší četnost výskytu povodní je koncentrována do srpna (7 případů) a do března (6 případů). Žádná povodeň nebyla pozorována v září. Ve zbývajících měsících kolísají četnosti výskytu mezi 1 a 5 případy. V tab. 3 je uveden seznam všech povodní s dobou opakování kulminačního průtoku větší než 10 let včetně uvedení časového výskytu v příslušném HR a měsíci. Z uvedených nejvyšších kulminací se většina vyskytla v LP (3 výskyty v červenci, 2 výskyty v srpnu). Byla zjištěna kumulace 2 povodní v HR 1997 a též 2006. Po analýze průměrných ročních průtoků  $Q_r$  v Borovnici byla stanovena míra vodnosti hydrologických roků (HR). Pomocí výpočtu pravděpodobnosti překročení  $Q_r$  podle vzorce Čegodajeva (R. Netopil et al., 1984) byly určeny roky mimořádně vodné (dále MV), vodné (V), průměrně vodné (P), málo vodné (S - suché) a mimořádně málo vodné (MS - mimořádně suché). Z MV HR měly největší míru vodnosti HR : (sestupně) 1941, 1987, 1938, 1931, 1965, 1940, 1967 a 1997. Výskyty povodní s

Tab. 1 Četnost výskytu povodní podle N-letosti kulminačního průtoku  $Q_k$  v zimním (ZP) a letním (LP) hydrologickém půlroce.

Období/ $Q_k$	$Q_2 < Q_k < Q_5$	$Q_5 < Q_k < Q_{10}$	$Q_{10} < Q_k < Q_{20}$	$Q_{20} < Q_k < Q_{50}$	$Q_{50} < Q_k < Q_{100}$	$Q_k > Q_{100}$	Celkem
ZP	16	3	2	0	0	0	21
LP	10	6	5	1	0	0	22
Celkem	26	9	7	1	0	0	43

Tab. 2 Měsíční četnosti výskytu povodní podle N-letosti kulminačního průtoku  $Q_k$

Měsíc/ $Q_k$	$Q_2 < Q_k < Q_5$	$Q_5 < Q_k < Q_{10}$	$Q_{10} < Q_k < Q_{20}$	$Q_{20} < Q_k < Q_{50}$	$Q_{50} < Q_k < Q_{100}$	$Q_k > Q_{100}$	Měsíční četnost celkem	Četnost ZP/LP	Četnost celkem
XI	1	0	0	0	0	0	1	21	43
XII	4	0	0	0	0	0	4		
I	3	1	1	0	0	0	5		
II	4	0	0	0	0	0	4		
III	3	2	1	0	0	0	6		
IV	1	0	0	0	0	0	1		
V	3	2	0	0	0	0	5	22	
VI	2	1	0	0	0	0	3		
VII	0	2	2	1	0	0	5		
VIII	4	1	2	0	0	0	7		
IX	0	0	0	0	0	0	0		
X	1	0	1	0	0	0	2		

Tab. 3 Povodně přesahující 10-letý kulminační průtok  $Q_{10}=40,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Poř. číslo	Max. roční kulminační průtok $Q_k$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	Hydrologický rok (HR)	Měsíc	Počet povodní v hydrologickém roce	Doba opakování N [roky]	Míra vodnosti hydrologického roku
1	60,0	1965	VII	1	> 20	MV
2	48,7	1932	I	1	> 10	S
3	48,2	1938	VIII	1	> 10	MV
4	46,6	1925	VIII	1	> 10	P
5	46,6	1937	VII	1	> 10	V
6	42,5	2006	III	2	> 10	V
7	41,3	1930	X	1	> 10	MS
8	41,0	1997	VII	2	> 10	MV

významnou extremitou byly zaznamenány v HR se všemi kategoriemi míry vodnosti – viz tab. 3.

### Závěr

V příspěvku byly na základě analýzy kulminačních průtoků ve vodoměrné stanici Borovnice na Svratce vyhodnoceny četnost výskytu povodní, jejich sezonalita a extremita. Celkem se vyskytlo 43 povodní s hodnotou přesahující 2-letý kulminační průtok  $Q_2$ . Počet výskytů v zimním a letním hydrologickém půlroce byl vyrovnán. Překročení 10-letého kulminačního průtoku  $Q_{10}$  bylo zjištěno v 8 případech, z nichž nejvyšší extremitu měla povodeň v červenci 1965 s kulminačním průtokem s dobou opakování mezi 20 až 50 lety. Ve studovaném území nedošlo (v porovnání např. s výsledky v povodí horní Dyje) v posledním desetiletí k výraznému nárůstu četnosti výskytu povodní a jejich extremity. Problematika povodní však zůstává stále aktuální. Dokladem toho jsou ničivé bleskové povodně, které se vyskytly na našem území na přelomu června a července 2009. V první části příspěvku jsou zmíněny v širších souvislostech jako aktuální extrémní hydrologický jev léta roku 2009. Povodňový režim našich vodních toků je třeba stále podrobně monitorovat a analyzovat, aby bylo v rámci protipovodňové ochrany možné v maximální míře přispívat k zmírňování následků povodní. Tento článek by měl představovat drobný příspěvek k tomuto cíli.

### Literatura :

- Brázdil, R., Kirchner, K. et al. (2007): Vybrané přírodní extrémy a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku. Masarykova univerzita, ČHMÚ, Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Brno, Praha, Ostrava, 431 s.
- Bryant, E., ed. (2005): Natural Hazards. 2. vyd. Cambridge University Press, Cambridge, 312 s.
- Jovanovič, P., Elleder, L., Černá, L. (2009): Týdenní zpráva o hydrometeorologické situaci. Zpráva č. 26. ČHMÚ, Praha, 11 s.
- Munich Re (2005): Weather catastrophes and climate change. Munich Re Group, Munich, 264 s.
- Müller, M., Kakos, V. (2004): Extrémní konvekční bouře v Čechách 25.-26. května 1872. Meteorologické zprávy, roč. 57, č.3, s. 69-77.
- Netopil, R. et al. (1984): Fyzická geografie I. SPN, Praha, 273 s.
- Soukalová, E. (2002): Příčinný déšť a povodně na Blanensku a Žďársku v červenci 2002. Meteorologické zprávy, roč. 55, č.5, s. 141-144.
- Sklenář, J. (2007): Povodně v povodí horní Dyje - analýza kulminačních průtoků. In: Jakubíková, A., Broža, V., Szolgay, J., eds.: Sborník příspěvků z workshopu Adolfa Patery 2007 - Extrémní hydrologické jevy v povodích. ČVUT-Praha-FAST, Slovenská vodohospodářská společnost, Praha, Bratislava, s. 293-302.
- Sklenář, J. (2008): Floods in the Czech Republic – Peak Discharges Analysis in the Upper Dyje Catchment and the Upper Svratka Catchment. In : Proceedings from the International Postgraduate Course on „Climate Change and Desertification Processes“, December 2008. Mashav, WMO, IMS, Tel-Aviv, DVD.

Autor: Mgr. Jiří Sklenář, Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), pracoviště Brno, jiri.sklenar@chmi.cz

Vydává Zeměpisné sdružení, Bystrínova 18, 612 00 Brno. Vychází 2-4x ročně. Uveřejňují se původní odborné příspěvky ze všech oborů geografie v rozsahu do 4 stran. Předseda redakční rady: doc. RNDr. Zdeněk Lipský, CSc., lipsky@natur.cuni.cz, tel. 221 951 360. ISSN 1214-0848. [www.sweb.cz/spizem](http://www.sweb.cz/spizem)